



**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Кафедра ХТТ и ХК

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ХТТ и ХК

\_\_\_\_\_ Юрьев Е.М.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Фатеевой Тамаре Владимировне

Тема работы:

<b>Повышение эффективности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1631/С 29.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
------------------------------------------	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – отделение ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата и осушенного бензола
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Обзор литературы</p> <p>1.1 Общие сведения о процессе алкилирования бензола этиленом</p> <p>1.2 Методы разделения азеотропных смесей</p> <p>1.3 Варианты технологического оформление ректификационных установок процесса алкилирования</p> <p>1.4 Обзор современных технологий алкилирования бензола этиленом</p> <p>2. Объект и методы исследования</p> <p>2.1 Назначение отделения, характеристика применяемых материалов, полуфабрикатов</p> <p>2.2 Характеристика производственного объекта</p> <p>2.3 Описание блок – схемы отделения ректификации</p> <p>2.3.1 Технологическая схема отделения ректификации</p> <p>2.4 Конструкция ректификационных колонн</p> <p>2 Экспериментальная часть.</p> <p>Разработка комплексных решений по модернизации ректификационной установки производства этилбензола.</p> <p>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>5. Социальная ответственность</p> <p>Заключение, выводы</p> <p>Список использованной литературы</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Технологическая схема получения этилбензола, чертеж реактора алкилирования, аналитические графики по данным, графики по модели</p>

#### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	доцент кафедры менеджмента, к.х.н., Сечина Ася Александровна
«Социальная ответственность»	профессор кафедры ЭБЖ, д.б.н., Ахмеджанов Рафик Равильевич

#### Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016
------------------------------------------------------------------------------------------	------------

#### Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Хлебникова Елена Сергеевна			

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Фатеева Тамара Владимировна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Фатеевой Тамаре Владимировне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	«Энерго-ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Разрабатываемый проект направлен на исследование и оптимизацию процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей результатов НТИ и конкурентных технических решений. Проведение SWOT-анализа.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки экономической эффективности разрабатываемой технологической схемы ректификации.

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Фатеева Тамара Владимировна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2K21	Фатеевой Тамаре Владимировне

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	«Энерго-ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><u>Объект исследования</u> - аппаратное оформление технологической схемы процесса ректификации в технологии жидкофазного алкилирования бензола этиленом.</p> <p><u>Рабочая зона</u> - аудитория, оборудованная системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением.</p> <p><u>Область применения</u> – нефтехимическая промышленность.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>1.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности веществ и их связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие вредных веществ на организм человека (этилбензол, бензол, этилен, хлористый этил, хлористый алюминий);</li> <li>- выявление опасных факторов при эксплуатации объекта исследования: шум, вибрация, вредные факторы, сопровождающие работы с ПЭВМ, недостаточная освещенность рабочей зоны, микроклиматические параметры (отопление, вентиляция);</li> <li>- анализ санитарно-технических норм: Производственные помещения обязаны отвечать требованиям: ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны”; ГОСТ 12.1.007-76 “Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности”; ГОСТ 12.1.012-90 “Вибрация. Общие требования к безопасности”; СанПиН 2.2.2./2.4 1340-03 “Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы”; СНиП 240-72 “Строительные нормы и правила”.</li> <li>- предлагаемые средства защиты для работы на установке производства этилбензола: (коллективная защита – шумоизолирующие конструкции, индивидуальные средства защиты – костюм, ботинки, перчатки, каска, очки защитные, маска).</li> </ul> <p>1.2. Выявление опасных факторов при</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>разработке и эксплуатации проектируемого решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отравление парами стирола, этилбензола, продуктами, содержащими углеводороды, топливным газом;</li> <li>– возможное падение с высоты при обслуживании оснащения без стационарных площадок.</li> <li>– поражение электротоком при обслуживании электрооборудования;</li> <li>– поражение от взрыва углеводородов;</li> <li>– удушье при обслуживании колодцев, прямиков, траншей, емкостей и аппаратов, вследствие, нарушения техники сохранности при работе с инертными газами (азот);</li> <li>– термический ожог парами, горячей водой;</li> <li>– механические травмы при нарушении правил сервиса насосов и грузоподъемных механизмов;</li> <li>– травмы при нарушении герметичности оборудования, работающего под давлением;</li> <li>– возможность самовозгорания при нагреве ингибитора ДОХ свыше 1500С.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы): причины выбросов - размещение технологического оснащения на открытых площадках, неполная его герметизация, плохая работа очистных сооружений;</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы): сбросы в реки и водоемы сточных вод химических и нефтеперерабатывающих производств. При достаточно сильном загрязнении воды испытывается дефицит кислорода для размножения и развития бактерий, разлагающих химические загрязнители;</li> <li>- анализ решений по обеспечению экологической безопасности: 1) Перед дымовыми трубами использовать следующие способы очистки газовых выбросов от газо- и парообразных ядовитых выбросов: абсорбционные, адсорбционные, каталитические. 2) Применение мембранных процессов.</li> <li>- анализ нормирования вредного действия производства.</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможные ЧС при эксплуатации проектируемого решения: поражение людей электрическим током, возникновение пожара;</li> <li>- анализ действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий: изоляция, сплошные и сетчатые ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства, сигнализация, плакаты, защитное заземление и зануление. При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей</li> </ul>

	использование электрозащитных средств: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, калоши, коврики, указатели напряжения.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ правовых и организационных аспектов обеспечения безопасности на производстве алкилирования бензола этиленом;</li> <li>- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008)// СПС Консультант.</li> <li>- Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) .</li> <li>- Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) .</li> <li>- Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".</li> <li>- Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования. ILO-OSH2001 ».</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Фатеева Тамара Владимировна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 79 с., 10 рисунков, 20 таблиц, 34 источников, 2 приложения, 21 формулы.

Ключевые слова: ректификация, этилбензол, алкилирование бензола этиленом, повышение эффективности, модернизация, технологическая схема.

Объектом исследования является отделение ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата и осушенного бензола в технологии жидкофазного алкилирования бензола этиленом.

Цель работы - повышение эффективности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом.

В результате исследования изучена технология жидкофазного алкилирования бензола этиленом, проведен анализ способов модернизации отделения ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата и осушенного бензола. На основе проведенных численных исследований разработана технологическая схема, которая позволяет повысить эффективность процесса путем снижения расхода потребляемого пара, это достигается за счет замены пара 40 на пар 20.



## Оглавление

Введение.....	11
1 Обзор литературы.....	13
1.1 Общие сведения о процессе алкилирования бензола этиленом.....	13
1.2 Методы разделения азеотропных смесей.....	14
1.3 Варианты технологического оформление ректификационных установок процесса алкилирования.....	20
1.4 Обзор современных технологий алкилирования бензола этиленом.....	22
2 Объект и методы исследования .....	25
2.1 Постановка задачи исследования.....	25
2.2 Назначение отделения, характеристика применяемых материалов, полуфабрикатов .....	26
2.3 Характеристика производственного объекта.....	29
2.4 Описание блок – схемы отделения ректификации.....	29
2.4.1 Технологическая схема отделения ректификации.....	30
2.5 Конструкция ректификационных колонн.....	33
3 Экспериментальная часть.....	35
3.1 Исходные данные для исследования.....	35
3.2 Оптимизированная технологическая схема.....	36
3.3 Разработка технологической схемы блока разделения продуктов алкилирования в среде Aspen Hysys .....	36
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	41
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	41
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	41
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	42
4.1.3 SWOT-анализ.....	43
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	45
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	45
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	45

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	46
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	47
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	47
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	48
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	49
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	51
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	51
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта....	52
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
5. Социальная ответственность.....	56
5.1 Производственная безопасность.....	56
5.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	56
5.1.2 Производственная санитария.....	60
5.2 Экологическая безопасность.....	64
5.2.1 Экологические проблемы в технологии алкилирования бензола этиленом.....	64
5.2.2 Охрана окружающей среды на производстве алкилирования бензола этиленом.....	67
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	68
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	71
Заключение.....	73
Список используемых источников.....	74
Приложение А	
Приложение Б	

## Введение

Процесс ректификации смесей является одним из самых энергоемких и обширно применяемых процессов на предприятиях нефтехимии. Массообменные колонны обладают сложной конструкцией, большой металлоемкостью и имеют повышенный расход энергии в виде греющих и охлаждающих агентов. Расход энергии в большой мере зависит от совершенства аппаратного оформления, то есть эффективности контактных устройств, используемых в колоннах [1].

Процесс алкилирования бензола этиленом является одним из крупнотоннажных процессов для синтеза полупродукта производства мономера каучука - стирола. Эту реакцию проводят в трехфазной системе, в которой жидкой фазой являются продукты реакции, бензол и каталитический комплекс, а в паровой фазе - этилен и некоторая часть реакционной смеси - бензол, этиленбензол. В качестве катализатора применяют комплекс хлористого алюминия с ароматическими углеводородами. В такой системе торможение процесса определяется степенью дисперсности реакционной смеси, которая создается при диспергировании жидкого катализатора и жидкой реакционной смеси.

В бакалаврской работе исследуется работа отделения ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата и осушенного бензола. Отделение производства этилбензола входит в состав цеха по производству этилбензола, стирола, полистирола.

На сегодняшний день одна из главных проблем ректификации – высокое энергопотребление установок, остается нерешенной. Поэтому данный процесс продолжает занимать одну из лидирующих позиций в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности по затратам энергии.

В выпускной квалификационной работе предлагается заменить существующую технологическую схему ректификации этилбензола, действующую на одном из нефтехимических предприятий, на новую, тем

самым сократить потребление энергетических ресурсов, главным образом тепловой энергии в виде пара.

Практическая значимость работы: разработана компьютерная модель в среде AspenHYSYS модернизированной технологической схемы процесса ректификации этилбензола, а также определены оптимальные режимы работы отделения.

Результаты исследования можно использовать для повышения ресурсоэффективности и энергоэффективности установок ректификации на нефтехимических предприятиях.

## **1 Обзор литературы**

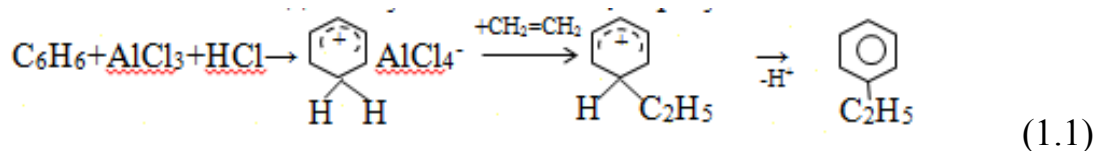
### **1.1 Общие сведения о процессе алкилирования бензола этиленом**

Среди многочисленных процессов нефтехимической промышленности производство этилбензола занимает одно из ведущих мест и является самым крупнотоннажным коммерческим процессом по объему потребления и переработки бензола — почти 75 % получаемого в мире нефтехимического бензола приходится на производство этилбензола и изопропилбензола.

Этилбензол используется как промежуточный продукт в производстве стирола и синтетического каучука. Он применяется как компонент автомобильного и авиационного топлива, как растворитель или разбавитель, а также при производстве ацетата целлюлозы [2].

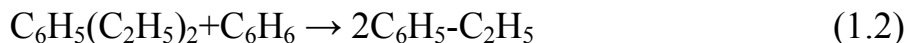
Старейший способ алкилирования этиленом состоит в протекании реакций в жидкой фазе с применением катализатора - безводного хлористого алюминия. Данная реакция является частным случаем классической реакции Фриделя — Крафта, она была открыта в 1879 г. Соперничает с этим способом алкилирование на твердом фосфорнокислотном катализаторе, но на данном катализаторе можно получить лишь изопропилбензол. Алкилирование же бензола этиленом практически не проводится на нём.

Немалую группу катализаторов алкилирования составляют апротонные кислоты (кислоты Льюиса) — это галогениды некоторых металлов. Они, как правило, в присутствии промоторов проявляют каталитическую активность, с которыми образуют продукты, имеющие характер сильных протонных кислот. Большинство из знакомых льюисовских и бренstedовских кислот инициативны в алкилировании олефинами. Но для катализа жидкофазного алкилирования бензола этиленом хлористый алюминий является лучше других кислот, с другой стороны для повышения его эффективности, как правило, требуется применять сокатализаторы или промоторы. При растворении хлористого алюминия в бензоле туда прибавляют соляную кислоту, образующую с ним комплекс [2]. Этот комплекс затем взаимодействует с этиленом, образуя этилбензол:



Алкилирование затруднено побочными реакциями (крекинг, полимеризация, перенос водорода). Среди них большое значение имеет образование полиалкилированных ароматических углеводородов. Первая алкильная группа активирует ароматическое ядро так, что второй алкил присоединяется быстрее, чем первый, и так до тех пор, пока не возникнут стерические затруднения, хотя гексаэтилбензол и образуется просто. В продуктах реакции в итоге содержится смесь моно -, ди -, три -, тетра - и более тяжелых этилбензолов [3]. Безусловно, соотношение этилена и бензола в потоке, который поступает в реактор, можно выбрать таковым, чтобы получить наибольшее количество моноэтилбензола, тем не менее, совсем исключить образование других этилбензолов нельзя.

Благоприятно, что реакция обратима, так диэтилбензол под воздействием хлористого алюминия прореагирует с бензолом, давая этилбензол:



Данная реакция переалкилирования дает возможность фактически всему этилену и всему бензолу, которые поступили в реакционную систему, обратиться в конце концов в этилбензол [3].

Реакцию алкилирования можно проводить при различных условиях.

## 1.2 Методы разделения азеотропных смесей

Смеси, которые способны подвергаться перегонке без изменения состава и при постоянной температуре, называются азеотропными.

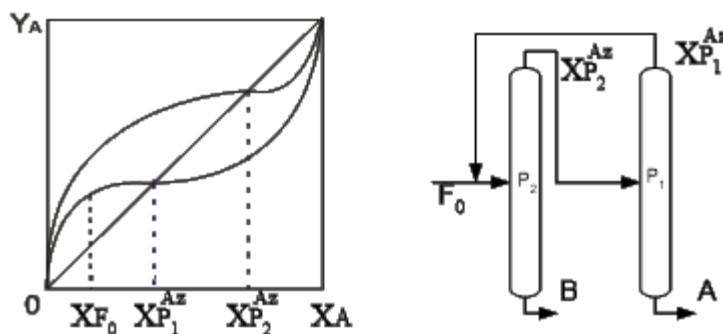
Деление таких смесей осуществляют в комплексах, которые основаны на процессе ректификации.

Нужно иметь в виду то, что смеси, которые образуют азеотроп, разделить на практически чистые компоненты способом обыкновенной

ректификации невозможно. В данном случае нужно применять специальные способы ректификации, такие как:

- разделение в колоннах, которые работают под различным давлением;
- азеотропную ректификацию;
- экстрактивную ректификацию.

Для разделения азеотропных смесей методом обыкновенной ректификации применяются комплексы (рисунок 1.1), работающие под различным давлением, которые дают возможность осилить ограничения физико-химического характера и получать продукты нужной чистоты. При всем этом употребляется свойства изменения состава азеотропных смесей с изменением температуры. Составы азеотропов при различных давлениях неодинаковы, состав питания может относиться то одной, то иной области ректификации, это зависит от давления. Собственно это свойство и применяется в двухколонных комплексах, которые предназначены для разделения азеотропных смесей, где колонны работают при различных давлениях [3].



*Рисунок 1.1 - Разделение азеотропных смесей в комплексах, работающих под различным давлением*

Ректификация на практически чистые составляющие возможна в том случае, когда азеотропный состав методом изменения внешнего давления можно переместить в район концентраций, которые отвечают практически допустимой чистоте одного из компонентов системы. Изменение состава

азеотропа, которое приходится на один градус температуры, в соответствии с правилом Вревского, находится в зависимости от разности молярных теплот испарения компонентов. Таким образом, анализируемый способ разделения тем результативнее, чем больше различаются теплоты испарения компонентов разделяемой смеси.

Как правило, теплоты испарения существенно отличаются у веществ разной химической природы. Однако практическое использование способа ограничено, так как вероятный промежуток изменения давлений ограничен температурами хладагентов, которые используются для конденсации паров в дефлегматорах, и теплоносителей, используемых в кубах ректификационных установок. В силу показанных причин способ ректификации при двух разных давлениях не нашел большого практического применения для деления азеотропных смесей [3].

Методом ректификации можно достичь довольно высокую степень разделения жидких смесей на составляющие. Деление, как правило, реализуется в ректификационных колоннах при постоянном (непрерывном) контакте фаз. Производя ряд последовательных процессов испарения жидкости и конденсации пара, есть возможность получить в результате жидкость (дистиллят), которая будет представлять собой практически чистый низкокипящий компонент. Подобно, отталкиваясь от паровой фазы с соответствующим составом жидкости, методом проведения ряда поочередных процессов конденсации и испарения есть возможность получить жидкость, называемая кубовым остатком, которая состоит практически из чистого высококипящего компонента.

Процесс ректификации выполняется способом многократного взаимодействия между жидкой и паровой фазами, находящихся в неравновесном состоянии, и которые движутся относительно друг друга. При контактировании фаз между ними совершается массо- и теплообмен, обусловленные устремлением системы к состоянию равновесия. В итоге каждого взаимодействия компоненты перераспределяются между фазами.



Неоднократное контактирование приводит к практически полному разделению исходной смеси [3].

Отсюда следует вывод что, отсутствие равновесного состояния при движении фаз с некоторой скоростью и многократность их взаимодействия являются обязательным аспектом осуществления ректификации.

Способ азеотропной ректификации базируется на проведении процесса ректификации с разделяющими агентами, которые обладают свойством или разбивать азеотроп, или создавать азеотропные системы с одним или несколькими компонентами исходной смеси и тем самым повышать коэффициенты относительной летучести разделяемых компонентов. Процессы азеотропной ректификации стремятся осуществлять таким образом, чтобы разделяющий агент, вводимый в колонну, целиком выводился с дистиллятом. В виде кубового продукта, возможно, получить один компонент либо смесь нескольких компонентов с наименьшей концентрацией разделяющего агента.

На рисунке 1.2 представлена типичная установка процесса азеотропной ректификации в присутствии разделяющего агента.

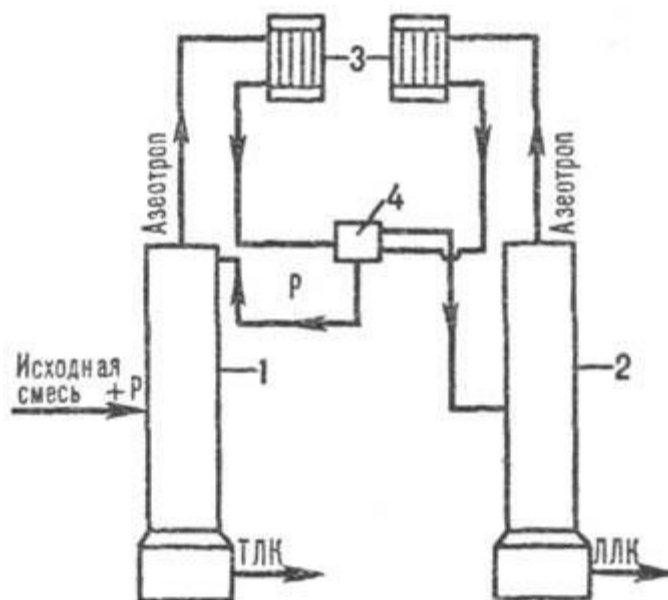
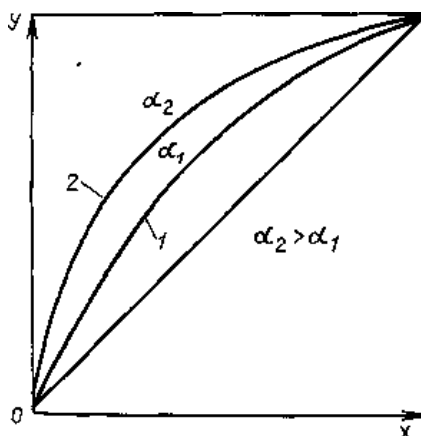


Рисунок 1.2 - Типичная установка процесса азеотропной ректификации:

1 - ректификационная колонна; 2 - регенерационная колонна; 3 - дефлегматор; 4 - разделительный сосуд; P - разделяющий агент

С помощью коэффициента относительной летучести можно оценить степень трудности разделения смесей с близкими температурами кипения. Если значение мало, то данную смесь разрешено делить под вакуумом. Вместе с тем, нередко экономически рациональнее в таких случаях оказывается применение метода, основывающимся на добавлении в смесь для разделения дополнительного разделяющего компонента избирательного действия [3].

В разделяющем компоненте, являющимся высококипящим по отношению к одному из двух компонентов исходной смеси, этот последний довольно хорошо растворим, а второй компонент или нерастворим, или трудно растворяется. Присутствие третьего - разделяющего, или экстрагирующего, - компонента приводит к уменьшению сил притяжения нерастворимого компонента в растворе к остальным частицам и в окончательном результате - к повышению его относительной летучести в системе (рисунок 1.3) [4].



*Рисунок 1.3 - Положение кривой равновесия без добавки (1) и с добавкой (2) разделяющего агента*

Таким образом, разделяющий агент владеет избирательным действием, то есть увеличивает давление пара низкокипящего компонента в большей степени, чем давление пара высококипящего агента. Резкое повышение упрощает разделение исходных компонентов, однако как следствие тянет за собой следующий процесс разделения смеси хорошо растворимого и

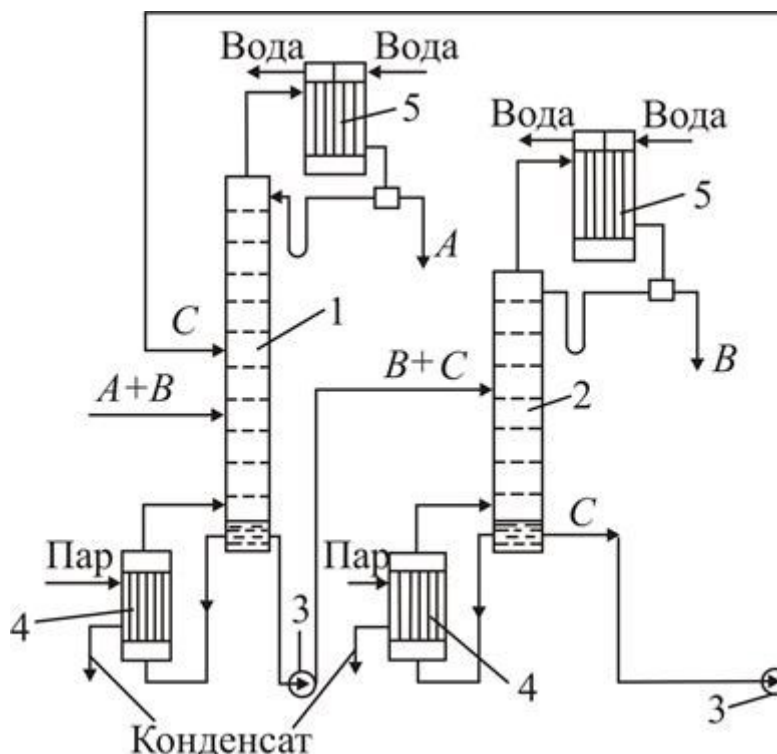


Рисунок 1.4 - Схема установки для экстрактивной ректификации бинарной смеси: 1 – колонна для экстрактивной ректификации; 2 – колонна для разделения продукта В и экстрагирующего компонента С; 3 – насосы; 4 – кипятильники; 5 – конденсаторы

Наиболее тяжелой задачей является выбор разделяющего компонента при применении способов экстрактивной и азеотропной ректификации. Выбранный разделяющий компонент обязан удовлетворять следующим требованиям:

- 1) гарантировать возможно большее повышение коэффициента относительной летучести разделяемых компонентов;
- 2) достаточно просто регенерировать;
- 3) отлично растворять разделяемые компоненты для предотвращения расслаивания жидкой фазы при данных температурных условиях в колонне;

4) обязан быть неопасным в обращении, легкодоступным, недорогим, термически постоянным. Как правило, при выборе разделяющего агента основываются на справочные данные.

Если в качестве разделяющего агента используют растворимые твердые вещества, то такой процесс разделения называют солевой ректификацией.

### **1.3 Варианты технологического оформления ректификационных установок процесса алкилирования**

Процесс ректификации осуществляется в противоточных аппаратах-колоннах: пары перегоняемой жидкости протекают снизу вверх, а навстречу парам сверху протекает жидкость, подаваемая в верхний элемент колонны. Между паровой и жидкой фазами возникает массообмен, в результате которого пары по мере их движения по колонне обогащаются легколетучим компонентом, а жидкость - менее летучим компонентом. В конце концов пар, который выходит из верхней части колонны, представляет собой более-менее чистый легколетучий компонент, конденсация которого дает готовый продукт-дистиллят, а из нижней части колонны вытекает относительно чистый менее летучий компонент, который называется кубовый остаток, который, так же как и дистиллят, может быть конечным продуктом перегонки [4].

В зависимости от температуры кипения разделяемой жидкости ректификацию проводят под разным давлением: атмосферным для кипящих при температуре 30-150 °С, выше атмосферного для жидкостей с низкими температурами кипения, например, сжиженных газов, в вакууме для снижения температур кипения высококипящих. Ректификацию можно осуществлять непрерывно или периодически.

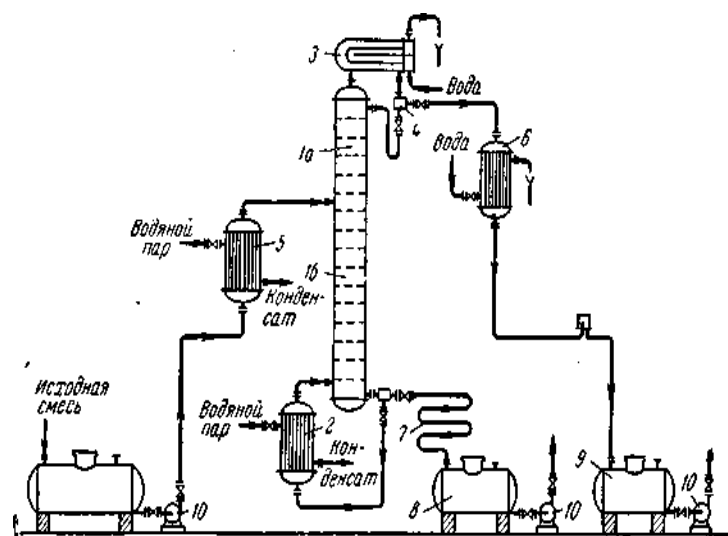


Рисунок 1.5 - Схема непрерывно действующей ректификационной установки: 1 – ректификационная колонна (а – укрепляющая часть, б – исчерпывающая часть); 2 – кипятильник; 3 – дефлегматор; 4 – делитель флегмы; 5 – подогреватель исходной смеси; 6 – холодильник дистиллята (или холодильник–конденсатор); 7 – холодильник остатка (или нижнего продукта); 8,9 – сборники; 10 – насосы.

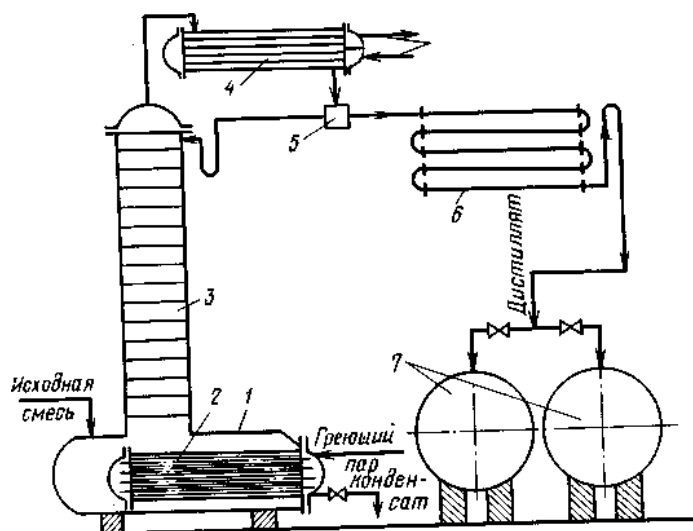


Рисунок 1.6 - Схема установки для проведения периодической ректификации: 1-куб-кипятильник; 2-подогреватель; 3-ректификационная колонна; 4-дефлегматор; 5-дели-тель потока; 6-холодильник; 7-сборники.

На рисунке 1.5 представлена только принципиальная схема непрерывно-действующей ректификационной установки. Подобные установки оснащаются

необходимыми контрольно - измерительными и регулируемыми приборами, которые позволяют автоматизировать их работу и осуществлять процесс при помощи программного управления в оптимальных и наилучших условиях.

Периодическую ректификацию осуществляют на установках с практически похожей принципиальной схеме. Один из многих вариантов такой установки изображён на рисунке 1.6.

Периодическая ректификация может быть осуществлена двумя способами:

- 1) при постоянном составе дистиллята ( $x_p = \text{const}$ );
- 2) при постоянном флегмовом числе ( $RP = \text{const}$ ).

Достоинства непрерывной ректификации по отношению к периодической: в ходе процесса условия работы установки не изменяются, что дает возможность установить точный режим, делает обслуживание более простым и упрощает автоматизацию процесса; отсутствуют простои между операциями, что приводит к увеличению производительности установки; расход тепла меньше, при этом вероятно использование тепла остатка на обогрев исходной смеси в теплообменнике [5].

Исходя из перечисленных достоинств в производствах большого масштаба используют главным образом непрерывную ректификацию, периодические процессы ректификации находят применение только лишь в мелких, неравномерно работающих производствах.

Для разделения близкокипящих компонентов применяют методы азеотропной и экстрактивной ректификации. Данные методы описаны в разделе 1.2.

#### **1.4 Обзор современных технологий алкилирования бензола этиленом**

В настоящее время в химической промышленности реализованы различные технологии алкилирования бензола этиленом в зависимости от типа используемого катализатора, фазы реакционной среды, технологического режима, аппаратного оформления.

Почти все действующие в настоящее время установки производства этилбензола как в России, так и в зарубежной практике основываются на применении гомогенного катализатора (хлористого алюминия) алкилирования бензола этиленом. К недостаткам этого процесса относится необходимость утилизировать большое количество сточных вод и твердых отходов, а также сравнительно высокие расходные нормы по сырью (до 800 кг бензола и до 290 кг этилена на тонну этилбензола). С середины 80-х годов началась разработка газофазных процессов получения этилбензола методом алкилирования бензола этиленом на синтетических цеолитных системах [5].

27 ноября 2015 г. состоялось подписание соглашения между ведущими российскими научными организациями: ФГУБН Институтом Нефтехимического Синтеза им. А.В.Топчиева РАН (ИНХС РАН), ОАО «Электрогорским Институтом Нефтепереработки» (ЭЛИНП) с одной стороны и ООО «Оргнефтехим-Инжиниринг» (ОНХ-Инжиниринг) - с другой.

По этому соглашению, на территории государств, расположенных в границах территории бывшего Советского Союза, ООО «Оргнефтехим-Инжиниринг» получает исключительные права на лицензирование единственного отечественного процесса, позволяющего получать этилбензол алкилированием бензола этиленом на цеолитных катализаторах ИНХС РАН.

На пилотных установках ЭЛИНП проведен полный цикл эксплуатационных испытаний цеолитных катализаторов указанного процесса. Синтез этилбензола реализуется алкилированием бензола этиленом на цеолитных катализаторах в специально разработанном реакторе с секционированной подачей реагентов. Применение вместо коррозионно-активного хлорида алюминия ( $AlCl_3$ ) селективного, высокоактивного, нетоксичного цеолитного катализатора, обеспечивает получение этилбензола с высокими показателями качества [6].

При протекании процесса в жидкофазном варианте температура составляет около 180-280 °С, давление около 3,0-4,0 МПа. В процессе парофазного алкилирования бензола этиленом применяется наиболее высокая

температура - 390-450 0С и давление - 2,0-2,3 МПа. Отношение Бензол: Этилен составляет 6-8:1 в обоих вариантах проведения процесса. Реакция алкилирования протекает с большой селективностью и небольшим выходом побочных продуктов. Конверсия этилена в процессе составляет примерно 99-100 % мас., общий выход этилбензола составляет 99,7 % мас. [6].

В настоящее время промышленная эксплуатация процесса производства этилбензола на цеолитном катализаторе ведется на ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», Башкортостан. С начала эксплуатации (2013 г.) и по настоящее время установка производит этилбензол с качеством, полностью удовлетворяющим требованиям для получения стирола - мономера при производстве полистиролов различных марок. Также, подготовлено технико-коммерческое предложение для одного из российских предприятий по созданию производств этилбензола на цеолитном катализаторе мощностью 300 тыс. т/год и 370 тыс. т/год по этилбензолу.



## **2 Объект и методы исследования**

Объектом исследования является отделение ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата и осушенного бензола в технологии жидкофазного алкилирования бензола этиленом.

Предметом исследования – процесс ректификации, протекающий в промышленных колоннах.

Исходными материалами для проведения исследования являлись экспериментальные данные, полученные на промышленной установке производства этилбензола на нефтехимическом предприятии, включающие материальный баланс процесса, технологические режимы в широком интервале изменения состава и расхода сырья, температуры, расхода.

Единой методологической основой проведения исследований является стратегия системного анализа, которая применяется для оптимизации процесса получения этилбензола. Главный метод стратегии системного анализа – это метод математического моделирования.

### **2.1 Постановка задачи исследования**

Ректификационные колонны К-62 и К-72 потребляют тепло, которое подводится через кипятильники паром  $P=28 \text{ кгс/см}^2$ , сдросселированным из пара  $P=40 \text{ кгс/см}^2$ . По режиму работы ректификационных колонн требуется водяной пар температурой около  $200^\circ\text{C}$ . По паспорту ТЭЦ вырабатывает пар с параметрами  $P = 20 \text{ кгс/см}^2$   $T = 300^\circ\text{C}$  и  $P = 38 \text{ кгс/см}^2$   $T = 340^\circ\text{C}$ , но из-за большой протяженности трубопровода (около 10 км) параметры пара  $P=40$  значительно снижаются, что приводит к образованию большого количества конденсата и повышенному износу трубопровода.

Основная задача бакалаврской работы - повышение эффективности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом путем замены используемого пара с давлением 4 МПа ( $40 \text{ кг/см}^2$ ) на пар 2 МПа ( $20 \text{ кг/см}^2$ ), с изменением технологической схемы отделения ректификации.

## 2.2 Назначение отделения, характеристика применяемых материалов, полуфабрикатов

Технологический процесс выделения этилбензола - ректификата состоит из следующих стадий [7]:

- алкилирование бензола этиленом;
- трансалкилирование диэтилбензолов в этилбензол;
- азеотропная осушка алкилата процесса трансалкилирования и выделение добензольных инертных примесей, которые содержатся в сырье;
- ректификационная разгонка алкилатов с получением этилбензола-ректификата.

Назначение отделения ректификации – выделение:

- возвратного бензола, который не вступил в реакцию в процессах алкилирования и трансалкилирования (колонна К-52);
- товарного этилбензола (колонна К-62);
- диэтилбензольной фракции (колонна К-72).

Таблица 2.1 – Характеристика исходного сырья, материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, готовой продукции, обращающихся в технологическом процессе

Наименование сырья, материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, готовой продукции	Обозначение государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта предприятия и другой документации	Наименование показателей качества, подлежащих проверке, размерность	Норма по нормативному или техническому документу (заполняется при необходимости)	Область применения готовой продукции, полуфабрикатов, назначение используемых веществ, материалов
<b>2.1. Исходное сырьё</b>				
1 Бензол нефтяной	ГОСТ 9572-93	принимается по результатам анализа поставщика		Сырье для получения этилбензола
2 Этилен	ГОСТ 25070-87 изм. 1	принимается по результатам анализа поставщика		Сырье для получения этилбензола
<b>2.2 Реагенты, катализаторы, адсорбенты, другие вспомогательные материалы</b>				
1 Алюминий хлористый "безводный-технический"	ТУ 6-01-2-88 изм. 1, импортная поставка	принимается по результатам анализа поставщика		Катализатор

2 Этил хлористый технический высший сорт, первый сорт	ГОСТ 2769-92	принимается по результатам анализа поставщика		Инициатор
3 Щелочь разбавленная	СТО 05742746-01-22-2011	принимается по результатам анализа поставщика		Реагент для отмывки реакционной массы
4 Масло индустриальное марки И-20А	ГОСТ 20799-88 изм. 1-5	1.Кинематическая вязкость при 40°С, (мм <sup>2</sup> /с)	29-35	Смазочный материал
		2.Зольность, %, не более	0,005	
		3.Содержание механических примесей	отсутствие	
		4.Содержание воды	Следы	
		5.Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup> , не более	890	
Наименование сырья, материалов, реагентов, катализаторов, полуфабрикатов, готовой продукции	Обозначение государственного или отраслевого стандарта, технических условий, стандарта предприятия и другой документации	Наименование показателей качества, подлежащих проверке, размерность	Норма по нормативному или техническому документу (заполняется при необходимости)	Область применения готовой продукции, полуфабриката в, назначение используемых веществ, материалов
		6.Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	200	
2.3 Вспомогательные материалы ( воздух КИП/технологический, инертный газ, паровой конденсат, материалы для тары, упаковки, вещества для нейтрализации проливов, смазочные материалы др.)				
1 Азот газообразный	СТО 05742746-01-27-2011	принимается по результатам анализа поставщика		Продувочный газ, создание азотной «подушки»
2 Воздух сжатый осушенный	ДК 02-21303-17-2004	принимается по результатам анализа поставщика		Для приборов КИП, на технологические нужды, для продувок.
2.5 Полуфабрикаты, выдаваемые под контролем ЛТК				
1 Несконденсированные контактные газы (абгаз)	ТР 04-12-2012	1 Массовая концентрация бензола, мг/м <sup>3</sup>	не нормируется	Компонент отопительного газа.
		2 Массовая концентрация НСl, мг/м <sup>3</sup>		

2 Паровой конденсат	Приложение к Договору №00064-02 от 31.01.2002г.	1. Жесткость общая, мкг-экв/дм <sup>3</sup> (мкмоль/дм <sup>3</sup> ), не более летом зимой	3,0 5,0	Возврат на ТЭЦ-1	
		2. Щелочность общая, мкг-экв/дм <sup>3</sup> (мкмоль/дм <sup>3</sup> ), не более	100,0		
		3. Щелочность гидратная, мкг-экв/дм <sup>3</sup> (мкмоль/дм <sup>3</sup> ), не более	20,0		
		4. pH конденсата	8,5-9,5		
3 Стоки алюмосодержащие	СТО 46693098-04-18-2010	1 Массовая концентрация ароматических углеводородов, мг/дм <sup>3</sup> , не более	60,0	Используется в качестве коагулянта в процессе очистки промышленных стоков НПЗ	
		2 Водородный показатель (pH), ед	3,0 – 5,0		
		3 Массовая концентрация хлористого алюминия (AlCl <sub>3</sub> ), г/дм <sup>3</sup>	5 — 15		
2.1.6 Готовая продукция, являющаяся товарной продукцией ОАО «АЗП»					
1 Этилбензол технический	ГОСТ 9385-77 изм.1,2	1. Внешний вид	Высший сорт	1-й сорт	Сырье для установки производства стирола.
			Бесцветная прозрачная жидкость		
		2. Реакция водной вытяжки	Нейтраль-ная		
		3. Плотность при 20°С, г/см <sup>3</sup>	0,866-0,870		
		4. Массовая доля этилбензола, %, не менее	99,80	99,50	
		5. Массовая доля изопропилбензола %, не более	0,01	0,03	
		6. Массовая доля хлора, %, не более	0,0005	0,0010	
		7. Массовая доля диэтилбензола, %, не более	0,0005	0,0005	

### **2.3 Характеристика производственного объекта**

Отделение производства этилбензола входит в состав цеха по производству этилбензола, стирола, полистирола. Мощность производства по выпуску этилбензола составляет 55 тысяч тонн в год. Ввод в действие - 1977 год.

Производство предназначено для получения этилбензола-ректификата методом алкилированием бензола.

В состав производства этилбензола входят следующие объекты [7]:

1. Объект 1476 - отделения алкилирования бензола и ректификации этилбензола.
2. Объект 1476а - приготовление свежего катализаторного комплекса для производства этилбензола.
3. Объект 1480 – промежуточный парк, который предназначен для приема, компаундирования и откачки полиалкилбензолов, нейтральных и кислых сбросов.
4. Объект 1481 – насосная для перекачки продуктов из емкостного парка об. 1480.
5. Объект 1092а - промежуточный парк, который предназначен для приема, компаундирования и откачки реакционной массы, бензольной шихты, некондиционного бензола, осушенного бензола.
6. Объект 1093 – насосная для перекачки продуктов из емкостей об. 1092а на производство этилбензола об. 1476.

### **2.4 Описание блок – схемы отделения ректификации**

Технологические схемы действующих в настоящее время производств выделения этилбензола не имеют принципиальных различий; одна из них показана на рисунке 2.1. В ней можно выделить реакционный узел (аппараты 1, 2) и систему выделения продукта ректификацией (колонны 7), систему подготовки свежего (6) и нейтрализации отработанного (3) катализатора, очистки хвостовых газов (4, 5).

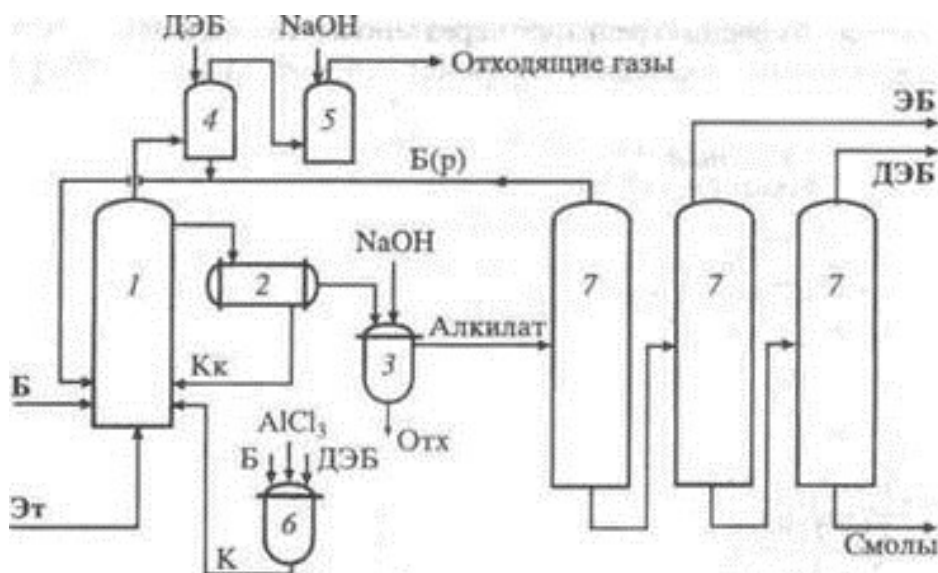


Рисунок 2.1 – Схема процесса алкилирования бензола этиленом:

1 - реактор алкилирования; 2 - отстойник; 3 - узел промывки алкилата; 4 - узел кон-денсации и абсорбции бензола из хвостовых газов; 5- нейтрализатор хвостовых газов; 6- реактор приготовления катализатора; 7 - ректификационные колонны; потоки: Б - бензол; Б(р) - рециркулирующий бензол; Эт — этилен; ЭБ — этилбензол; ДЭБ — диэтил-бензол на абсорбцию и приготовление катализатора; К - катализатор; Кк - катализаторный комплекс (рецикл); Отх — отходы нейтрализации катализаторного комплекса

#### 2.4.1 Технологическая схема отделения ректификации

На рисунке 2.2 представлена технологическая схема ректификации этилбензола.

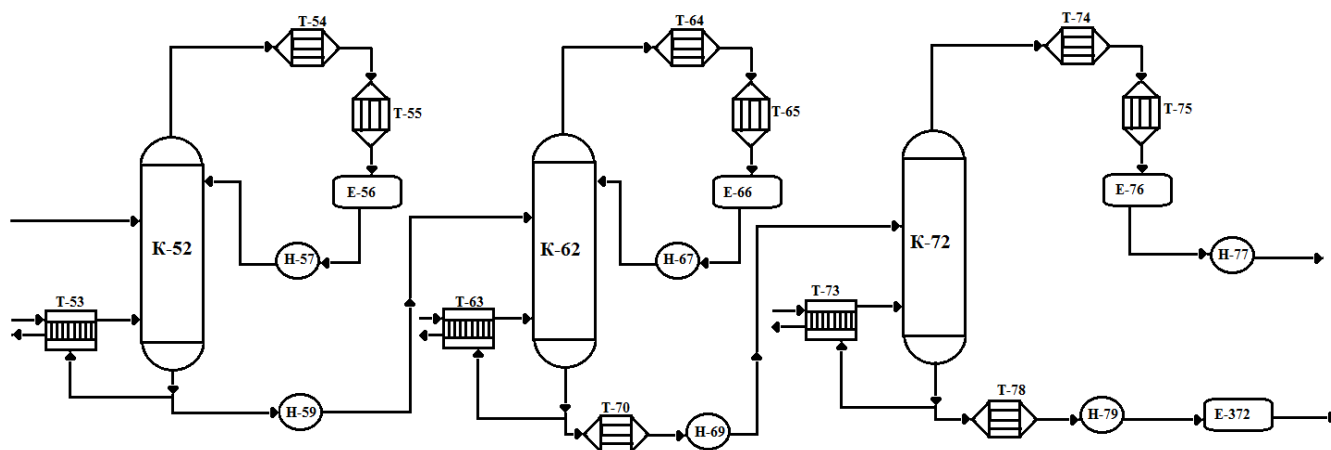


Рисунок 2.2 – Технологическая схема ректификации этилбензола:

*К-52, К-62, К-72 – ректификационные колонны; Т-53, Т-63, Т-73 – кипятильники; Т-54, Т-64, Т-74 – конденсаторы воздушного охлаждения; Т-55, Т-65, Т-75 – конденсаторы; Т-70, Т-78 – теплообменники; Е-56, Е-66, Е-76, Е-372 – емкости; Н-57, Н-59, Н-67, Н-69, Н-77, Н-79 – насосы*

Из алкилата методом ректификации последовательно выделяются: бензол, этилбензол, полиалкилбензолы и смола ПАБ.

Бензол и полиалкилбензолы возвращаются в процесс алкилирования и трансалкилирования, смола отправляется в об.1477 (производство стирола) в емкости поз. Е-372, для смешивания со смолой КОРС.

Алкилат из емкостей парка об.1092а насосами подается на ректификацию, предварительно подогреваясь в теплообменниках поступает в колонну поз. К-52.

Подвод тепла к колонне К-52 осуществляется через кипятильник поз.Т-53, обогреваемый паром  $12 \text{ кгс/см}^2$ , сдросселированным из пара  $20 \text{ кгс/см}^2$ .

По проекту подача питания производится на 35-ую тарелку. Схемой предусмотрена возможность подачи питания на одну из следующих тарелок колонны - № 31, 35, 39, 45 в зависимости от состава питания колонны (реакционной массы).

Пары бензола с верха колонны поступают в конденсаторы воздушного охлаждения поз.Т-54. Отдувка из аппарата поз.Т-54 направляется в конденсатор поз.Т-55, охлаждаемый оборотной водой.

Конденсат (возвратный бензол) из конденсатора поз.Т-54 и Т-55 стекает в сборник поз.Е-56, где непрерывно забирается насосом поз.Н-57 и, частично, в виде флегмы, поступает в колонну поз.К-52.

Кубовая жидкость колонны поз.К-52 насосом поз.Н-59 подается на питание колонны поз.К-62.

Подвод тепла к колонне поз.К-62 осуществляется через кипятильник поз.Т-63, обогреваемый паром  $P-28 \text{ кгс/см}^2$ , сдросселированным из пара  $40 \text{ кгс/см}^2$ .

По проекту питание подаётся на 47-ую тарелку. Схемой предусмотрена возможность подачи питания в колонну на одну из следующих тарелок: № 41, 47, 55 в зависимости от состава питания колонны.

Пары этилбензола-ректификата с верха колонны поступают в испаритель поз.Т-64, где конденсируются за счет испарения парового конденсата с целью получения вторичного пара Р-1,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Отдувка из аппарата поз.Т-64 поступает в конденсатор поз.Т-65, охлаждаемый оборотной водой.

Конденсат — этилбензол-ректификат из аппаратов поз.Т-64, Т-65 стекает в сборник поз.Е-66, откуда непрерывно забирается насосом поз.Н-67 и, частично, в виде флегмы подается в колонну поз.К-62.

Кубовая жидкость колонны поз.К-62, содержащая полиалкилбензолы и смолы, через теплообменник поз.Т-70, охлаждаемый оборотной водой, насосом поз.Н-69 подается на питание колонны поз.К-72. Вакуум создается парожекторной установкой.

Тепло в колонну подводится через кипятильник поз.Т-73 паром 28 кгс/см<sup>2</sup>, сдресселированным из пара 40 кгс/см<sup>2</sup>.

Пары полиалкилбензолов с верха колонны поз.К-72 поступают в конденсатор воздушного охлаждения поз.Т-74, отдувка из аппарата поз.Т-74 поступает в конденсатор поз.Т-75, охлаждаемый оборотной водой.

Отдувка после конденсатора поз.Т-75 поступает на парожидкостную установку. Паровой конденсат, загрязненный углеводородами (отдувки К-72), сливается в барометрический ящик и направляется дальше.

Полиалкилбензолы, сконденсированные в аппаратах поз.Т-74, Т-75, стекают в сборник поз.Е-76, откуда непрерывно забираются насосом поз.Н-77 и, частично, подаются на питание колонны поз. К-42.

После осушки полиалкилбензолы в смеси с бензолом подаются на срабатывание в алкилатор.

Смола из куба колонны поз.К-72 через теплообменник поз.Т-78, где она охлаждается оборотной водой, насосом поз.Н-79 откачивается в емкость поз.Е-



372 об.1477, где смешивается с кубовым остатком ректификации стирола и откачивается в резервуары.

Окончательное освобождение аппаратов от продукта производится в подземную емкость по дренажному сливу, откуда углеводороды откачиваются погружным насосом в отстойник или в емкость об.1480 [7].

## **2.5 Конструкция ректификационных колонн**

Отделение ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата, как отмечалось ранее, состоит из трех ректификационных колонн К-52, К-62 и К-72.

Колонна К-52 предназначена для отгонки возвратного бензола из алкилата. Колонна тарельчатая, тарелки клапанного типа, количество 60 штук.

Режим работы колонны К-52:

- давление верха - атмосферное,
- температура верха - 75 — 100°C,
- давление куба - 0,2 — 0,6 кгс/см<sup>2</sup>,
- температура куба - 145 — 165°C.

Колонна поз.К-62 предназначена для выделения этилбензола-ректификата. Колонна тарельчатая, тарелки клапанные, количество 80 штук.

Режим работы колонны К-62:

- давление верха - атмосферное,
- температура верха - 125 — 139°C,
- давление куба - 0,2-0,7 кгс/см<sup>2</sup>,
- температура куба - 175 — 200°C.

Колонна поз.К-72 предназначена для отделения полиалкилбензолов от смолы. Колонна поз.К-72 вакуумная, тарельчатая, тарелки решетчатые, количество тарелок 34 штуки.

Режим работы колонны К-72:

- остаточное давление верха - 10-60 мм33Т.ст.,
- остаточное давление куба - 40-160 мм33Т.ст,

- температура куба - 160-195°C.

В таблице 2.2 приведены основные параметры ректификационных колонн [7].

Таблица 2.2 - Характеристики колонн

Параметры колонны	К-52	К-62	К-72
Внутренний диаметр, мм	2000	2200	1400
Количество тарелок	60	80	37
Межтарельчатое расстояние	450	450	400

### 3 Экспериментальная часть

#### 3.1 Исходные данные для исследования

Исходными данными для проведения исследования являлись экспериментальные данные, полученные с установок производства этилбензола на одном из нефтехимических предприятий.

Данные приведены ниже в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 - Состав питания узла ректификации этилбензола

Поток	Ед. изм.	Питание
Расход	кг/ч	20066
Состав		
Парафины(бутан)	%мас.	0,5492
Бензол	%мас.	50,921
Вода	%мас.	0
Толуол	%мас.	0,2736
Этилбензол	%мас.	30,1356
м-Ксиол	%мас.	0,01
п-Ксиол	%мас.	0,0025
о-Ксиол	%мас.	0,0035
Изопропилбензол	%мас.	0,1665
изо-Бутилбензол	%мас.	0,5008
втор-Бутилбензол	%мас.	0,2492
трет-Бутилбензол	%мас.	0,2492
м-Диэтилбензол	%мас.	9,4688
п-Диэтилбензол	%мас.	3,2418
о-Диэтилбензол	%мас.	3,2418
Смола	%мас.	0,9868

Таблица 3.2 - Характеристика пара

	Обозначение	Температура, °С			Давление, МПа (изб.)	
		Нормальная	Колебание	От ТЭЦ	От ТЭЦ	Колебание
Водяной пар	Пар 20	211	194–211	300	2.0	1.7–2.0
	Пар 40	240	220–265	340	4.0	3.4–4.0

### 3.2 Оптимизированная технологическая схема

Рассмотрев предоставленную информацию, была разработана технологическая схема повышения эффективности процесса ректификации этилбензола с возможностью снижения температуры кубовой части колонн [9].

Питание на установку подаётся в колонну К-52, в которой происходит разделение парафинов, бензола и этилбензола в дистилляте, а тяжелокипящих — в кубе. Далее в колонне К-62 будет проходить разделение бензола в дистилляте и этилбензола в кубе, а в колонне К-72 разделение диэтилбензолов от смолы (Рисунок 3.1). При этом для подвода тепла к колоннам используется пар 20.

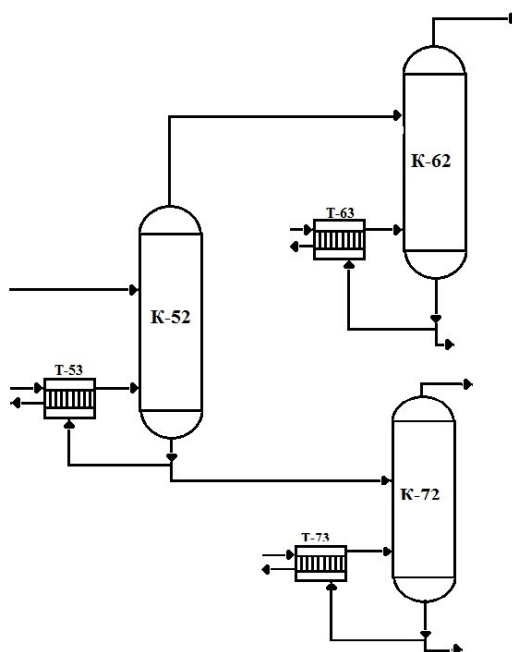


Рисунок 3.1 - Оптимизированная технологическая схема: К-52, К-62, К-72 – ректификационные колонны; Т-53, Т-63, Т-73 – кипятильники

### 3.3 Разработка технологической схемы блока разделения продуктов алкилирования в среде Aspen Hysys

Расчеты производились при использовании универсальной системы моделирования Aspen HYSYS V7.3. В основу программы заложены общие принципы расчетов материально-тепловых балансов технологических схем

[10]. Процесс ректификации включает стадии, на каждой из которых совершается определенное воздействие на материальные потоки и превращение энергии. Соединение элементов обеспечивает моделирование технологической схемы с соответствующими превращениями в системе.

Расчет углеводородных систем производится методом уравнения состояния Peng-Robinson.

Модель колонны – Distillation Column с дефлегматором и кипятильником.

Интерфейс программы Aspen HYSYS V7.3 и структурная схема моделирования отдела ректификации представлены на рисунке 3.2.

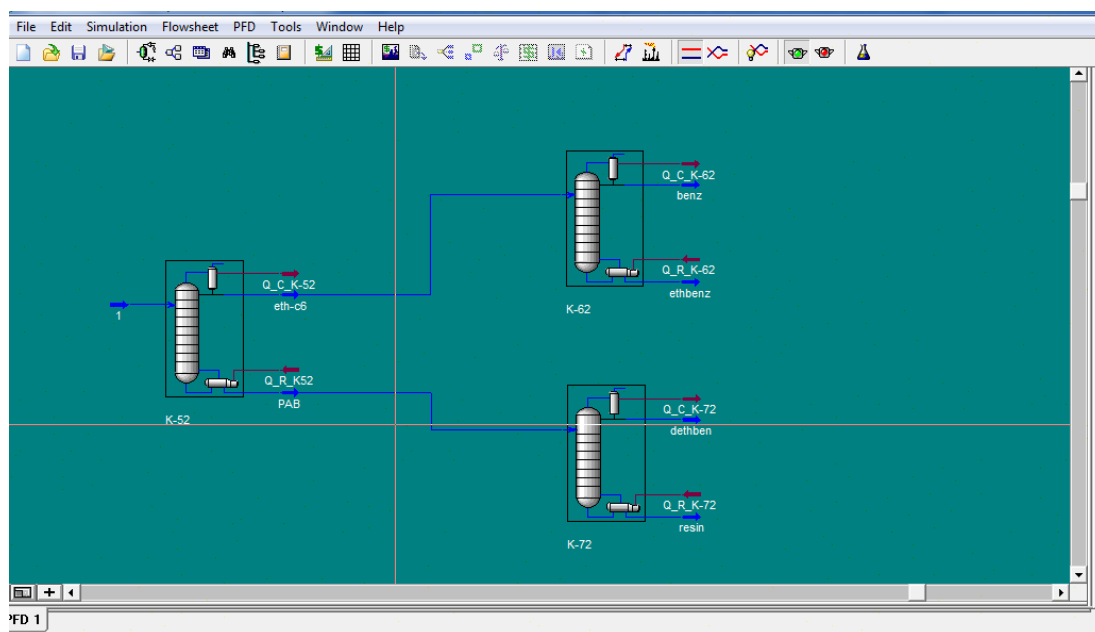


Рисунок 3.2 - Интерфейс программы Aspen HYSYS V7.3 и структурная схема отделения ректификации

Моделируемая схема в среде Aspen HYSYS позволяет подобрать оптимальные параметры работы ректификационных колонн и кипятильников с соблюдением требований технологии производства и оценить энергетическую эффективность.

Ниже приводятся основные формулы построения материального теплового баланса ректификационной колонны [11].

Общее уравнение материального баланса:

$$F = P + W, \quad (3.1)$$

где  $F$  – массовый расход исходной смеси кг/с;

$P$  – массовый расход дистиллята кг/с;

$W$  – массовый расход кубового остатка кг/с.

Для колонны непрерывного действия с учетом потерь тепла в окружающую среду имеем:

$$Q_{\text{кип}} + Q_f + Q_{\phi} = Q_w + Q_d + Q_{\text{пот.}} \quad (3.2)$$

Таблица 3.3 – Тепловой баланс колонны

Приход тепла	Расход тепла
1. С теплоносителем в кипятильнике $Q_{\text{кип}}$	1. С кубовым остатком $Q_w = G_w * i_w = G_w * C_w * t_w$
2. С исходной смесью $Q_f = G_f * i_f = G_f * C_f * t_f$	2. С дистиллятом $Q_d = G_d * i_d = G_d * C_d * t_d$
3. С флегмой $Q_{\phi} = G_{\phi} * i_{\phi} = G_{\phi} * C_{\phi} * t_{\phi}$	3. Потери в окружающую среду $Q_{\text{пот.}}$

В результате технологических расчетов с использованием компьютерного моделирования технологического процесса были получены парожидкостные нагрузки.

Моделирование технологического процесса выполнялось таким образом, чтобы составы потоков и величины температур вверху и внизу колонн были максимально близкими к исходным величинам. В таблицах 3.4 – 3.5 приведены результаты расчетов.

Таблица 3.4 – Материальный баланс колонн

Поток	Ед. изм.	К-52			К-62		К-72	
		Пит-е	Дист.	Куб	Дист.	Куб	Дист.	Куб
Расход	кг/ч	20066	16410	3654	10330	6084	3458	196,7
Температура	°C	105	81,45	180	62,18	135,4	7,013	129,5
Давление	кПа	100	90	110	68	101	0,1	8
Состав								
Парафины	%мас	0,55	0,67	0	1,43	0	0	0

(бутан)								
Бензол	%мас	50,93	62,27	0	98,57	0,05	0	0
Вода	%мас	0	0	0	0	0	0	0
Толуол	%мас	0,27	0,33	0	0	1,02	0	0
Этилбензол	%мас	30,13	36,71	0,74	0	98,88	0,78	0
м-Ксиол	%мас	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0
п-Ксиол	%мас	0,0025	0	0	0	0,03	0	0
о-Ксиол	%мас	0,0035	0	0,02	0	0	0,02	0
Изопропилбензол	%мас	0,17	0	1,05	0	0	1,10	0
изо-Бутилбензол	%мас	0,50	0	2,76	0	0	2,89	0
втор-Бутилбензол	%мас	0,25	0	1,38	0	0	1,45	0
трет-Бутилбензол	%мас	0,25	0	1,38	0	0	1,45	0
м-Диэтилбензол	%мас	9,47	0	52,35	0	0	54,81	0,01
п-Диэтилбензол	%мас	3,24	0	17,91	0	0	18,75	0,04
о-Диэтилбензол	%мас	3,24	0	17,91	0	0	18,75	0,02
Смола	%мас	0,98	0	4,48	0	0	0	196,67

Таблица 3.5 – Поверочный расчет кипятильников

Поток	Температура, С	Давление, кПА	Расход, кг/ч	Тепловая нагрузка, кДж/ч
Кипятильник Т-53				
Пар 20	210	1800	10000	$1,312 \cdot 10^8$
Охл. пар 20	206	1750	10000	$1,502 \cdot 10^8$
ПАБы	178	220	56980	$3,449 \cdot 10^4$
ПАБы нагр.	196	170	56980	$1,893 \cdot 10^7$
Кипятильник Т-63				
Пар 20	210	1900	12400	$1,867 \cdot 10^8$
Охл. пар 20	188	1850	12400	$1,879 \cdot 10^8$
Этилбензол	135	220	38130	$3,870 \cdot 10^6$
Этилбензол нагр.	151	170	38130	$5,166 \cdot 10^6$
Кипятильник Т-73				
Пар 20	210	1900	10000	$1,505 \cdot 10^8$
Охл. пар 20	206	1898	10000	$1,507 \cdot 10^8$
Смола	129	8	7973	$4,806 \cdot 10^6$
Смола нагр.	131	6	7973	$2,326 \cdot 10^6$

В колонне К-52 температура кипения кубовой жидкости составляет около 180°C, что позволяет использовать в качестве теплоносителя в кипятильнике колонны пар 20.

В кубе колонны К-62 отбирают этилбензол. Температура в кубе колонны составляет около 135,4 °С. Для подогрева кубовой жидкости использовать пар 20 можно.

Колонна К-72 эксплуатируется под вакуумом. Температура кипения кубовой жидкости составляет 196,7 °С. Для подогрева кубовой жидкости также можно использовать пар 20.

На основании анализа результатов исследования можно сделать вывод, что предложенный вариант модернизации технологической схемы блока ректификации является эффективным, так как при реализации предложенных технических решений удастся добиться использование пара 20 с повышением эффективности процесса, а именно уменьшение расхода пара.



#### **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Разрабатываемый проект направлен на исследование и оптимизацию процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется коммерческой ценностью разработки, что является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью данного раздела в бакалаврской работе является проектирование и создание технологической схемы, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования [13].

#### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

##### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Продукт (результат разрабатываемого проекта) - разработка технологической схемы процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом с целью повышения эффективности данного процесса и его оптимизации.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. Для данного проекта целевым рынком являются предприятия нефтехимической отрасли.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [13].

В таблице 4.1 представлен сравнительный анализ технологической схемы(ф), разработанной в рамках выполнения ВКР и конкурентной схемы (к1), предложенной для модернизации производства этилбензола в 2014 году.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности						
Повышение производительности труда пользователя	0,09	5	2	0,45	0,18	
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	5	3	0,35	0,21	
Энергоэкономичность	0,1	5	4	0,5	0,4	
Надежность	0,07	5	4	0,35	0,28	
Безопасность	0,04	5	5	0,2	0,2	
Экономические критерии оценки эффективности						
Конкурентоспособность продукта	0,2	5	3	2	0,6	
Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	4	0,35	
Цена	0,08	5	3	4	0,24	
Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	5	5	0,4	
Послепродажное обслуживание	0,07	5	5	0,35	0,35	
Финансирование научной разработки	0,03	4	4	0,12	0,12	
Срок выхода на рынок	0,05	5	3	0,25	0,15	

Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	0,25	0,25
Итого	1	63	51	4,9	3,73

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$ – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$ – балл  $i$ -го показателя.

Разрабатываемая технологическая схема является конкурентоспособной на рынке, главным преимуществом которой, является снижение расхода потребляемого пара и замена пара Р-40 на пар Р-20.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

Для комплексной оценки разрабатываемого проекта применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон разработки, выявление возможностей и угроз для ее реализации, которые проявились или могут появиться в ее внешней среде. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны проекта:</b> 1. Возможность повышения эффективности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом. 2. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов. 3. Возможность замены пара Р-40 на пар Р-20. 4. Возможность снижения расхода потребляемого пара. 5. Стабильность к изменению различных факторов.	<b>Слабые стороны проекта:</b> 1. Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки. 2. Отсутствие существующей схемы установки ректификации с указанием позиций оборудования и приборов КИП.
<b>Угрозы:</b> 1. Отсутствие спроса, не	1. Продвижение новой технологии оптимизации	1. Разработка научного исследования

заинтересованность предприятий по внедрению проекта. 2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.	процесса с целью появления спроса. 2. Развитие конкурентной среды. 3. Сертификация продукции.	2. Повышение квалификации кадров у потребителя 3. Получение необходимых экспериментальных данных по составу сырья и продукта с промышленной установки.
<b>Возможности:</b> 1. Внедрение разработанной технологической схемы на нефтехимическом предприятии для повышения эффективности процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом. 2. Внедрение разработанной модели на производство для отработки действий персонала. 3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	1. Разработка технологической схемы процесса ректификации в технологии алкилирования бензола этиленом с целью повышения эффективности данного процесса и его оптимизации. 2. Продолжение научных исследований с целью усовершенствования имеющейся технологии.	1. Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки. 2. Повышение эффективности использования сырья на предприятии. 3. Повышение квалификации персонала на производстве. 4. Поиск заинтересованных лиц

В данном разделе был проведен SWOT-анализ, представленный в таблице 4.2. По его результатам были выявлены сильные и слабые стороны разрабатываемой технологической схемы, а так же угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В Таблице 4.3 составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 4.3 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение литературы, составление формализованной схемы превращений	Бакалавр
	5	Разработка технологической схемы	Бакалавр, руководитель
	6	Моделирование процесса в среде AspenHysys	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов расчета с теоретическими исследованиями	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр, руководитель
	11	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	12	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	13	Защита дипломной работы	Бакалавр, руководитель

### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемая трудоемкость выполнения [13]:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы, приведенных в таблице 4.3, рассчитывается по формуле (4.2):

$$t_{ож1} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4, \text{ чел.-дн.}$$

Для этапов 2 – 13 расчет аналогичен.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность каждого этапа работы, приведенных в таблице 4.3, рассчитывается по формуле (4.3):

$$T_{p1} = \frac{1,4}{1} = 1,4$$

Результаты расчета приведены в Приложении А.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни [13]. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} , \quad (4.4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} , \quad (4.5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Все рассчитанные значения представлены в Приложении А.

На основе Приложения А строится календарный план-график Приложение Б.

## 4.3 Бюджет научно-технического исследования

### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением [13].

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i} , \quad (4.6)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Результаты расчетов материальных затрат приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед. с НДС, руб.		Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Тетрадь	шт.	1	3	35	35	280	840
Ручка	шт.	1	4	50	50	425	1700
Карандаш	шт.	1	1	30	30	240	240
Флешка	шт.	1	1	250	250	9625	9625
Картридж для принтера	мл	100	200	6	6	1140	2280
Бумага	листов	500	600	0,45	0,45	240	288
Скоросшиватель	шт.	1	1	55	55	509	509
Итого						12459	15482

Исп.1 – руководитель, исп.2 – бакалавр.

#### 4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_9 = \sum N_i * T_9 * C_9, \quad (4.7)$$

где  $N_i$  - мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_9$  - время использования электрооборудования, час;

$C_9$  - цена одного кВт\*ч, руб.

$C_9$  – 2,7 руб/ кВт\*ч

Расчет затрат на специальное оборудование и электроэнергию приведены в таблице 4.5, на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 4.6.



Таблица 4.5 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования с НДС, руб.	Мощность прибора, N <sub>i</sub> , Вт	Сумма затрат на электроэнергию, E <sub>э</sub> , руб	Общая стоимость оборудования, руб.
Компьютер	1	27000	0,375	2187	27000
Струйный принтер	1	3000	0,025	24,3	3000
Итого:				2211,3	30000

Таблица 4.6 – Расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для научных работ

Наименование ПО		Стоимость ПОс НДС, руб.	
Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Microsoftoffice	Microsoftoffice	1557	1557
-	Aspen HYSYS	-	31200
Итого:		1557	32757

Исп.1 – руководитель, исп.2– бакалавр.

### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчёт основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по окладам без к <sub>р</sub> , тыс. руб.
1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, оценка результатов	Руководитель, ассистент	22	0,66	14,52
2	Теоретические и экспериментальные исследования, оформление отчета по НИР	Бакалавр	22	0,07	1,5
Итого:				15,02	

$$C_{\text{зп}} = 3_{\text{осн}} + 3_{\text{доп}}, \quad (4.8)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.9)$$

$$ВППУ Z_{\text{осн}} = Z_{\text{б}} \cdot K_p, \quad (4.9^*)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжи-тельность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн,

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.10)$$

В формуле (4.10)  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времени	155	155

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot K_p, \quad (4.11)$$

где  $Z_6$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	14520	1,3	18876	1363,9	155	211411,2
Бакалавр	1500	1,3	1950	140,9	155	21839,5

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.12)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты ( 13 % от  $Z_{осн}$ );

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Результаты расчета в таблице 4.10.

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [13].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.13)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%[40].

Результаты расчета в таблице 4.10.

#### **4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{\text{нр}} \quad (4.14)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Руководитель	Бакалавр
Мат.затраты	12459	15482
Затраты на спец. Оборудование	1557	32757
ЗП. Основная	211411,2	21839,5
ЗП. Дополнительная	27483,45	2839,1
Отчисления во ВнФ	63423,36	-
Накладные расходы	50613,44	11666,82
Бюджет НТИ	366947,45	84584,42

Согласно полученным результатам бюджет затрат НТИ составляет 451531,87 рублей.

#### 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [13].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad , \quad (4.15)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{pi}}$ – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\phi}^1 = 1477048/2770452 = 0.53$$

$$I_{\phi}^2 = 1554352/2770452 = 0.56$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда	0,1	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	2	4
3. Энергосбережение	0,15	4	5
4. Надежность	0,20	3	4
5. Воспроизводимость	0,25	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4
ИТОГО	1		
Исп.1 – разработанная схема, в рамках ВКР, исп.2 – схема, предложенная в 2014 году			

$$I_{p.-исп1} = 0,1 * 4 + 0,15 * 2 + 0,15 * 4 + 0,20 * 3 + 0,25 * 5 + 0,15 * 4 = 3,8$$

$$I_{p.-исп2} = 0,1 * 5 + 0,15 * 5 + 0,15 * 4 + 0,20 * 4 + 0,25 * 5 + 0,15 * 4 = 4,5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{исп.1}^{финр}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{исп.2}^{финр}} \text{ и т.д.} \quad (4.16)$$

$$I_{исп}^1 = 3,8/0,53 = 7,2$$

$$I_{\text{исп}}^2 = 4,5/0,56 = 8,0$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} . \quad (4.17)$$

Таблица 4.11- Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,53	0,56
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	4,5
Интегральный показатель эффективности	7,2	8,0
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,1	1

Исп.1 – разработанная схема, в рамках ВКР, исп.2 – схема, предложенная в 2014 году.

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная технологическая схема процесса ректификации, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения для оптимизации процесса.

## **5 Социальная ответственность**

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является одним из национальных приоритетов в целях сохранения человеческого капитала. Для этого используется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и прочие мероприятия.

Экспериментальная часть бакалаврской работы осуществлялась на персональном компьютере при работе с различными программными обеспечениями на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Также в аудитории находится аптечка первой медицинской помощи, углекислотный огнетушитель для тушения пожара. Рабочее место – стационарное, оборудованное компьютером.

### **5.1 Производственная безопасность**

#### **5.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Эксплуатация отделения ректификации этилбензола связана с использованием горючих, взрывопожароопасных и токсичных продуктов. Технологическая схема производства состоит из системы контактных аппаратов, ректификационных колонн, теплообменников, холодильников.

Процесс ректификации имеет огромное аппаратное оформление, присутствие значительного количества оснащения, насосов, запорной арматуры, может стать условием для пропусков и утечки газов и углеводородов, может привести к загазованности помещений и местности, происхождению пожаров, взрывов, еще к отравлению либо травмам обслуживающего персонала.



Также, опасными местами являются, с точки зрения отравления и удушья, все колодцы, прямки, ректификационные колонны, емкостное оборудование, при их внутреннем осмотре, чистке, починке.

Поражение электротоком более возможно при работе в помещениях распределительных устройств, с электрическими устройствами за щитами КИП в операторных, в киповских распределительных щитках и электрощитках рабочего освещения при поломке защитного заземления.

К главным опасностям в отделении ректификации относятся:

- отравление парами стирола, этилбензола, продуктами, содержащими углеводороды, топливным газом;
- возможное падение с высоты при обслуживании оснащения без стационарных площадок.
- поражение электротоком при обслуживании электрооборудования;
- поражение от взрыва углеводородов;
- удушье при обслуживании колодцев, прямков, траншей, емкостей и аппаратов, вследствие, нарушения техники сохранности при работе с инертными газами (азот);
- термический ожог парами, горячей водой;
- механические травмы при нарушении правил сервиса насосов и грузоподъемных механизмов;
- травмы при нарушении герметичности оборудования, работающего под давлением;
- возможность самовозгорания при нагреве ингибитора ДОХ свыше 150<sup>0</sup>С.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Приведенные выше виды угроз имеют шансы появиться при поломке или неисправности оборудования, а также при не соблюдении правил безопасности и условий эксплуатации.

Главные мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение технологического процесса.

Для предотвращения вероятности происхождения взрывов, пожаров, ожогов и отравления необходимо соблюдать следующие условия ведения процесса:

- соблюдение норм технологического режима и норм по предупредительному и плановой починке оборудования;
- обеспечение исправного состояния и бесперебойной работы контрольно-измерительных приборов, сигнализации и блокировок;
- обеспечение исправного состояния оборудования и предохранительных приборов;
- обеспечение исправного состояния системы производственной вентиляции и противопожарной защиты;
- стабильное присутствие азота для продувок;
- обеспечение герметичности приборов;
- наличие заземления электрооборудования, аппаратов и трубопроводов;
- при остановке на ремонт отдельного оборудования и коммуникаций выключить его от работающего оборудования запорной арматурой и заглушками, пропарить или продуть его азотом до содержания горючих не более 0,2%, а содержание вредных веществ не более ПДК;
- совершать продувку аппаратов и коммуникаций от кислорода до содержания не более 0,5% перед приёмом взрывопожароопасных веществ.

В таблице 5.1 представлен список вредных факторов производства алкилирования бензола этиленом.

Таблица 5.1 – Список вредных факторов

Опасные и вредные факторы	Место действия	Характер действия на организм человека	Нормированное значение или ссылка на документ
1	2	3	4
Шум	Рабочее место оператора, установка объекта	Утомляемость, головокружение, расстройство нервной системы, пищеварительного тракта, способствует развитию гипертонии	ГОСТ 12.1.003-83
Вибрация	Установка объекта	Различная степень выраженности изменений нервной системы (центральной и вегетативной), сердечнососудистой системы и вестибулярного аппарата	ГОСТ 12.1.012-90
Вредные факторы, сопровождающие работы с ПЭВМ	Рабочее место оператора	Утомляемость, головокружение, расстройство нервной системы	СанПиН 2.2.2./2.41340-03
Недостаточная освещенность рабочей зоны	Рабочее место оператора, установка объекта	Утомляемость, увеличение вероятности ошибочных действий, аварийных ситуаций	СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
Микроклиматические параметры (отопление, вентиляция)	Рабочее место оператора	Перегрев, переохлаждение	СанПиН 2.2.4.548-96
Электрический ток	Рабочее место оператора, установка объекта	Возможность поражения электрическим током и его последствия	ГОСТ 12.1.038-81 Эл. Безопасность. Защитное заземление, зануление
Электромагнитное излучение	Рабочее место оператора	Вызывает трофические заболевания, помутнения хрусталика глаза, изменения в эндокринной системе	ГОСТ 12.1.006-84 Электромагнитные излучения. Общие требования безопасности
Статическое электричество	Рабочее место оператора, установка объекта	Неприятные ощущения, расстройство центральной нервной системы	ГОСТ 12.4.124-83 не более 20 мВ в течение часа
Падение с высоты	Эстакады, трубопроводы,	Травмы, связанные с падением с высоты	ПОТ РМ 012-2000

	аппараты		
Выступающие части	Рабочее место оператора, установка объект	Повышенный травматизм	ГОСТ 12.3.002-75
Оборудование под давлением, вакуумом	Трубопровод, резервуары, компрессора, вакуумсоздающее устройство, колонна и т. д.	Применение средств контроля за давлением. Применение клапанов, мембран и т.д.	ПБ 03-576-03 ГОСТ Р 2.2.9.05-95
Стирол	Места разливов при аварийных ситуациях	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	ГОСТ 12.1.005-88
Бензол-толуольная фракция (бентол)	Места разливов при аварийных ситуациях	Действует наркотически.	ГОСТ 12.1.005-88
Этилбензол	Места разливов при аварийных ситуациях	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	ГОСТ 12.1.005-88
КОРС	Места разливов при аварийных ситуациях	Обладает общим наркотическим действием	ГОСТ 12.1.005-88
Жидкости охлаждающие низкотемпературные	Места разливов при аварийных ситуациях	Могут проникать через кожные покровы. При попадании вовнутрь могут вызвать отравление.	ГОСТ 12.1.005-88

### 5.1.2 Производственная санитария

Производственная санитария — это система организационных мероприятий и технических средств, которые предотвращают либо уменьшают действие на работающих вредных производственных факторов. Главными опасными и вредными производственными факторами являются: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; завышенная либо пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная влажность и подвижность воздуха в рабочей зоне; повышенная степень шума; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень всевозможных электромагнитных излучений; отсутствие либо нехватка естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны и прочие.

Комплекс санитарно-технических мероприятий ориентирован на:

- создание хороших критерий труда и стабильной работы оснащения;
- создание рабочих мест, которые соответствуют нормам и инструкциям;
- применение средств охраны от вредноносных и опасных факторов;
- организации труда и отдыха рабочих согласно имеющимся нормам;
- обеспечение рабочего места нужной вентиляцией, освещением, защиты от шума и вибрации.

Все санитарно-технические мероприятия базируются на существующих и работающих санитарно-гигиенических нормах. Производственные помещения обязаны отвечать требованиям:

- ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны”;
- ГОСТ 12.1.007-76 “Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности”;
- ГОСТ 12.1.012-90 “Вибрация. Общие требования к безопасности”;
- СанПиН 2.2.2./2.4 1340-03 “Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы”;
- СНиП 240-72 “Строительные нормы и правила”.

Микроклимат на производстве – это один из главных факторов, которые влияют на трудоспособность и самочувствие человека. Метеорологические факторы довольно сильно воздействуют на жизнедеятельность, самочувствие, здоровье и настроение работника. Нарушение терморегуляции есть результат плохого сочетания факторов.

Терморегуляция - это совокупность физиологических и химических процессов, которые направлены на поддержание стабильного температурного баланса тела человека в пределах 36-37 градусов.

Микроклимат можно охарактеризовать:

- температурой воздуха;

- относительной влажностью воздуха;
- скоростью движения воздуха;
- интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

Эти характеристики обязаны удовлетворять условиям СанПина 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Работы, совершаемые в помещении операторной, являются работами средней степени тяжести категории IIa.

Микроклиматические характеристики в операторной:

- температура в холодный, теплый период составляет 21-22°C при норме 17-23°C;
- относительная влажность воздуха равна 30% при норме 15-75%;
- скорость движения воздуха составляет 0,1 м/с при норме от 0,1 до 0,3 м/с.

Для поддержания обычных санитарных критерий в производственных помещениях предусмотрена принудительная приточная вентиляция, а еще вытяжная вентиляция. Не считая этого, помещения горячей и продуктовой насосных оснащены аварийной вытяжной вентиляцией.

Естественная вентиляция помещения выполняется через дефлекторы и фрамуги.

Продувка электродвигателей насосов и создание в них избыточного давления реализуется приточными вентиляторами.

В операторной предусмотрена сигнализация работы вентиляционных систем.

Для снабжения подогрева воздуха, который подается в помещения и на обдув электродвигателей в зимнее время, поставлены калориферы, отопление которых реализуется теплофикационной водой.

Вредные вещества, которые способны проявить вредное действие на человека, и их параметры, характер действия на здоровье человека, меры

первой помощи потерпевшим, способы перевода (нейтрализации) вещества в безопасное состояние представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Характеристика вредных веществ и меры профилактики

Вредный или опасный производственный фактор	Характер и результат воздействия на организм	ПДК	Меры профилактики
1	2	3	4
Стирол	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	30/10	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защита.
Углеводородный конденсат (стирол> 50%, ЭБ=40%, бензол<4%, толуол<6%)	Обладает общим наркотическим действием. Влияет на кроветворные органы, печень	30/10 (по стиролу)	Постоянный контроль предполагаемых мест разгерметизации трубопроводов и оборудования, работать в противогазе. Вентиляция. Средства индивидуальной защиты.
Этилбензол	Обладает общим токсическим действием. Вызывает поражение крови и кроветворных органов.	50	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защита.
Бензол-толуольная фракция (бентол)	Действует наркотически.	—	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защита.
Топливный газ,	При высоких концентрациях вызывает удушье, кислородное голодание, головную боль, рвоту, тошноту, слабость, одышку, судороги. Возможна потеря сознания. Действует наркотически.	ГОСТ12.1.0 05-88 300/100 мг/м <sup>3</sup>	Постоянный контроль предполагаемых мест разгерметизации трубопроводов и оборудования, Вентиляция. Средства индивидуальной защиты.
Абгаз (H <sub>2</sub> =82-89% об., CO <sub>2</sub> <11%об., CO=0,9% об.)		20 (по CO)	
Жидкость низкотемпературная	Ядовита, обладает наркотическим действием, проникает через кожные покровы	5	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защиты.
Катализатор К-28М, СТАЙРОМАКС-ПЛЮС, 6)	Катализаторная пыль Токсичная. Болезнь лёгких.	4 (по оксиду железа)	Соблюдение техники безопасности, применение средств индивидуальной защиты.

Правильное освещение помещения и естественно рабочих мест имеет основное значение для охраны труда, сохранения здоровья работников, повышения комфортности и, как результат, подъём производительности труда.

Неудовлетворительное освещение приводит к утомлению, заболеванию глаз, головным болям и может стать основанием для производственного травматизма.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПЭВМ обязано реализовываться системой общего равномерного освещения.

Рабочие места с ПЭВМ по отношению к световым проёмам обязаны размещаться таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку в большей степени слева.

Оконные проёмы в помещениях применения ПЭВМ должны быть оснащены регулируемыми приспособлениями типа: жалюзи, занавесой, внешними козырьками.

В помещении операторной цеха №126/127 существует как естественное освещение, так и искусственное. Искусственное освещение помещения реализовывается в виде общей системы освещения с применением люминесцентных источников света (лампами типа ЛД) в светильниках общего освещения.

## **5.2 Экологическая безопасность**

### **5.2.1 Экологические проблемы в технологии алкилирования бензола этиленом**

Негативные результаты воздействия человека на окружающую среду становятся все более осязаемыми из-за роста производственных сил и расширения хозяйственной деятельности. В данное время отрицательные воздействия человека на природу зачастую приводят к непредсказуемым изменениям в экологических системах, в процессах биосферы.



Ощутимый вред естественной среде наносят нефтехимические, химические и нефтеперерабатывающие производства, выбросы которых (порой без очистки) оказываются источниками загрязнения окружающей среды. Причины выбросов — размещение технологического оснащения на открытых площадках, неполная его герметизация, плохая работа очистных сооружений.

Загрязнение воды обусловлено сбросами в реки и водоемы сточных вод химических и нефтеперерабатывающих производств. При достаточно сильном загрязнении воды испытывается дефицит кислорода для размножения и развития бактерий, разлагающих химические загрязнители.

Загрязняющими агентами производства алкилирования бензола этиленом являются: химически загрязнённые стоки, неконденсированный газ и дымовые газы.

Все эти причины в процессе ректификации этилбензола формируют определённые экологические трудности, которые связаны с загрязнением гидросферы и атмосферы.

Мероприятия по решению экологической проблемы сокращения до минимума числа вредоносных отходов продуктами производства и сокращения их влияния на окружающую среду:

1) Перед дымовыми трубами использовать следующие способы очистки газовых выбросов от газо- и парообразных ядовитых выбросов:

— Абсорбционные способы — основываются на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя. В качестве абсорбентов используют воду, растворы аммиака, солей марганца, суспензии гидроксида кальция, масла, этаноламины, сульфат магния и прочие. Степень очистки достигает до 99,9 %. Характеризуются непрерывность процесса, экономичностью и возможностью извлечения значительных количеств примесей из газов;

— Адсорбционные способы — основываются на избирательном извлечении из парогазовой смеси определённых компонентов при помощи

адсорбентов – твёрдых высокопористых материалов, которые обладают развитой удельной поверхностью (силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты, активированный уголь). Характеризуются глубокой очисткой газов от ядовитых примесей;

– Каталитические способы – основываются на реакциях в присутствии твердых катализаторов, т.е. на закономерностях гетерогенного катализа. Глубина очистки достигает до 99,9 % при невысоких температурах, малых концентрациях и обычном давлении, установки просты в эксплуатации, малогабаритны и дают возможность утилизировать реакционную теплоту, то есть формировать энерготехнологические системы.

2) Применение мембранных процессов дает возможность организовать экономически эффективные и экологически безвредные технологии очистки и опреснения природных и промышленных сточных вод. В химическом и нефтехимическом производстве доля оборотной и вторично используемой воды достигает 80 % от ее общего потребления, дальнейшее уменьшение водопотребления может быть обеспечено в следствии повышения доли оборотного водоснабжения и разработки технологий, которые позволяют уменьшить сброс сточных вод и сократить их загрязненность.

В отличие от обычных традиционных способов очистки воды, обратный осмос и ультрафильтрация дают возможность синхронно очищать воду от органических и неорганических компонентов, бактерий и иного рода загрязнителей, при этом нередко удается довести концентрат до уровня, при котором делается рентабельной регенерация растворенных веществ, а очищенная вода может быть вторично применена в производстве или в прочих целях. Таким образом, мембранные способы разрешают одновременно решать проблемы водоснабжения, водоочистки и утилизации ценных отходов.

Сточные воды производства алкилирования бензола этиленом, с отделения ректификации зачастую не постоянны по составу и концентрации загрязнителей, в результате чего в технологических схемах замкнутого цикла водопотребления надо применять комбинированные установки

баромембранного разделения. Применение ультрафильтрации и обратного осмоса в процессе очистки сточных вод предоставит дополнительную вероятность наиболее совершенного применения ресурсов замкнутого водооборотного цикла, что приведёт к наименьшему применению либо к окончательному прекращению дополнительной подпитки свежей воды в систему водопользования.

Таким образом, выше приведенные меры по решению экологической проблемы на производстве алкилирования бензола этиленом разрешают не только лишь санитарные, экологические и технологические проблемы, но также экономические, в результате наиболее целесообразного использования природных и человеческих ресурсов.

#### **5.2.2 Охрана окружающей среды на производстве алкилирования бензола этиленом**

С целью снижения вредоносного воздействия алкилирования бензола этиленом на окружающую среду осуществляются следующие мероприятия:

- совершается глубокая конденсация газообразных продуктов отделения ректификации со сливом их в дренажную емкость Е-1, откуда они снова направляются в производство;
- сжигание не сконденсировавшегося газа отделения дегидрирования в пароперегревательной печи П-201/2;
- достижение наибольшей герметичности трубопроводов и аппаратуры;
- избавление оборудования и коммуникаций от остатков продуктов производства реализуется в специализированную емкость Е-2;
- сточные воды производства подвергаются отпарке в пенной установке Т-209;
- спускание продуктов производства в канализацию даже в аварийных случаях категорически воспрещен, для спуска служат аварийные емкости парка промежуточных продуктов;

- реализуется ежесуточный лабораторный контроль содержания углеводов и pH стоков в химически загрязненную канализацию;
- применяется оборотная вода;
- для исключения проникновения продуктов производства в грунт наружные площадки бетонированы и обладают стоками в специализированные подземные ёмкости.

С целью ограничения вредоносного действия производства на окружающую среду, в согласовании с ГОСТом 24.525.04–91 п.3, предусмотрено:

- нормирование предельного выпуска по номенклатуре и количеству отходов производства, с определением мест захоронения и методов транспортировки;
- нормирование предельного выпуска сточных и химически загрязнённых вод;
- нормирование предельных выбросов в атмосферу;
- нормирование предельного потребления свежей воды на единицу выпускаемой продукции.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При эксплуатации электрооборудования вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций, которые требуют обеспечения электро- и пожарной безопасности на рабочем месте. Источниками происхождения пожара могут быть электрические схемы от ЭВМ, приборы электропитания, кондиционирования воздуха. Операторная и насосная относятся к I классу (ПУЭ) по опасности поражения людей электрическим током без повышенной опасности. По ПУЭ установка причисляется к классу В-1, а насосная к классу В-1а.

Установка запитана по четырём вводам от объекта центрального энергоснабжения: 2-а ввода в РУ – 6 кВ, и 2-а ввода в КТП от УП – 13.

Характеристика используемого электротока: переменный и постоянный, частота 50 Гц, напряжение – низковольтное до 1000 В и высоковольтное более 1000 В.

На установке используется следующее электрооборудование: переносные светильники; ручной электроинструмент; электродвигатели насосов, вентиляторов, компрессоров, сварочные посты (СП), освещение, щиты освещения.

К защитным мерам от угрозы прикосновения к токоведущим частям электроустановок причисляются: изоляция, сплошные и сетчатые ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства, сигнализация, плакаты, защитное заземление и зануление.

При работе с электроинструментом, переносными светильниками или в помещениях с особой опасностью используют пониженное напряжение питания электроустановок: 42, 36 и 12 В для предотвращения поражения электрическим током

При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей обязательно использование электрозащитных средств, к которым относятся: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, калоши, коврики, указатели напряжения.

Присоединение технологических аппаратов к системе заземления осуществляется не менее чем в двух точках, а технологические трубопроводы заземляются через каждые 20 м, а также при входе в здание насосной.

Согласно ПУЭ сопротивление заземления в электроустановках до 1000 В не должно превышать 4 Ом.

Для защиты от ударов молний установлены молниеотводы на колоннах, дымовых трубах печей, соединенные с общим контуром заземления. Также

установлены отдельно стоящие молниеотводы высотой 28 метров, обеспечивающие создание необходимых зон защиты.

Защита зданий и аппаратов от прямых ударов молний выполнена неизолированными стержневыми молниеприемниками, установленными на самых высоких точках зданий и сооружений (воздухозаборные шахты, постамент теплообменников, дымовая труба печи установки). Защита аппаратов, трубопроводов, насосного оборудования от вторичных проявлений молнии и от статического электричества, выполняется заземлением. Для предупреждения образования статического электричества на работниках запрещается ношение одежды из синтетических материалов и шелка, способствующих электризации.

Пожароопасность определяется огнестойкостью конструкций, то есть способностью конструкций сопротивляться огню или повышению температуры в условиях пожара.

По НПБ - 105 - 95 установка по взрывопожарной опасности относится к категории «А». Температура вспышки паров различных продуктов, получаемых на установке, колеблется от -11 до 250 °С, температура самовоспламенения от 180 до 565 °С, область взрываемости углеводородных газов в смеси с воздухом от 1 до 8 % объёмных.

Причины возникновения опасности пожара и взрыва:

- нарушение технологического режима – 33 %;
- неисправности электрооборудования – 16 %;
- удары молний – 4 %;
- курение вне отведённого места – 20 %;
- неправильное ведение сварочных работ – 15 %;
- несвоевременная уборка разливов нефтепродуктов в насосных и на территории установки – 5 %;
- несвоевременное устранение пропусков и свищей во фланцевых соединениях, сальниках, торцевых уплотнениях – 7 %.

## **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В Статье 37 Конституции РФ [24] изложены требования безопасности, обеспечивающие охрану здоровья и условий труда на предприятии. На основании Конституции РФ базируется ряд законов и нормативных актов, уточняющих и расширяющих понятие охраны и защиты труда. Трудовой кодекс, охватывает вопросы от правового возникновения трудовых отношений, до детального рассмотрения трудового договора, времени отдыха и профессиональной подготовки работника, охраны труда, разрешения трудовых споров и т.д. Для обеспечения соблюдения требований охраны труда на предприятии существует ряд служб, в качестве которых выступают федеральные органы и органы исполнительной власти субъектов РФ. Государственный надзор за исполнением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, осуществляют Генеральный прокурор Российской Федерации и подчиненные ему прокуроры в соответствии с федеральным законом. Согласно Федеральному закону Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" непосредственно на предприятии проводится социальная оценка условий труда уполномоченной организацией.

Кроме того возможно создание на предприятии внутренних комиссий или комитетов на базе профсоюзов.

Правовые аспекты взаимоотношений работодателей и работников в области охраны труда (гарантии, права и обязанности работников; обязанности работодателей; полномочия органов государственной власти в области охраны труда и т.д.) изложены в правовом документе "Об основах охраны труда в Российской Федерации". При выполнении бакалаврской работы наиболее важными являются разделы, посвященные рабочему месту. Работник должен быть проинформирован об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных или опасных производственных факторов. Согласно Статье 8 данного Федерального Закона РФ, рабочее место должно

соответствовать требованиям охраны труда и быть защищенным от влияния вредных и (или) опасных производственных факторов и её организация должна соответствовать правовым нормам, а также антропометрическим, социальным, психофизическим данным работника.

Так документ Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования. ILO-OSH2001 » является межгосударственным стандартом, и содержит практические рекомендации, предназначенные для использования всеми, на кого возложена ответственность за управление охраной труда.

Для выполнения задачи сохранения жизни и здоровья работника, при поступлении на работу проводится медосмотр, с целью проверки здоровья кандидата на соответствие. Во время работы проводятся плановые медосмотры с участием врачей и проведением лабораторных исследований, для выявления воздействия вредных факторов и вероятности развития профессиональных заболеваний. Для сохранения и поддержания здоровья работников, применяют комплексные меры. Они включают в себя средства индивидуальной защиты, которые обеспечивают механическую, термическую, биологическую, химическую, электрическую и радиационную безопасность, а так же для снижения вредного воздействия химических факторов (969 компонентов), биологических (микроорганизмы, препараты с живыми клетками) и физических (ионизирующие излучения) работникам выдается молоко питьевое в количестве 0,5 литра за смену для выведения из организма токсических веществ.



## **Заключение**

В результате проведенных численных исследований установлено, что действующая установка ректификации работает неэффективно, так как из-за большой протяженности трубопровода, по которому подается пар для подогрева куба колонн, параметры пара Р-40 значительно снижаются, что приводит к образованию большого количества конденсата и повышенному износу трубопровода.

В ходе исследования проведен анализ способов модернизации отделения ректификации получения из реакционной массы этилбензола – ректификата и осушенного бензола. На основании проанализированных методов, предложена оптимизированная технологическая схема, которая позволит повысить эффективность процесса.

В среде AspenHYSYS V7.3 выполнено моделирование модернизированной схемы блока разделения продуктов ректификации. Расчеты, выполненные с применением разработанной компьютерной модели, показали, что возможно снижение рабочих температур колонн К-53, К-62 и К-72 до параметров поставляемого пара Р-20. В связи с этим модернизация позволит отказаться от пара Р-40 и перевести работу установки на пар Р-20 и добиться снижения расхода потребляемого пара.

### Список используемых источников

1. Энергосберегающая модернизация ректификационной установки выделения фенола/ Башаров М.М.// Нефтегазовое дело – 2011. - №2. – с. 136-146
2. Производство и рынок этилбензола в России // Евразийский химический рынок. 2011. - Т. 76, № 1. URL: [www.chemmarket.info](http://www.chemmarket.info) (дата обращения: 30.05.2016)
3. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов/ Ахметов С.А.// Уфа: Гилем, 2002.-672 с.
4. Научные основы процессов ректификации: учебное пособие для вузов: в 2 т./ Комиссаров Ю.А.// М.: Химия, 2004 Т. 2.— 416 с.
5. Recent advances in the industrial alkylation of aromatics: new catalysts and processes/ Perego C., Ingallina P.// Catal. Toda - 2002. Vol. 73. № 1-2. - p. 3-22.
6. Синтез этилбензола и трансалкилирование бензола диэтилбензолами на цеолитных катализаторах/ Герзелиев И.М., Хаджиев С.Н., Сахарова И.Е.// Нефтехимия - 2011. - Т. 51, № 1. - с. 40-49.
7. Технологический регламент производства этилбензола об. 1476, 1476а, 1480, 1481, 1092а, 1093 цеха 126/127 ОАО «АЗП». – 2012. – 184 с.
8. Ароматические углеводороды. Выделение, применение, рынок: Справочник/ Гайле А.А., Сомов В.Е., Варшавский О.М.// М.: Химиздат, 2000. - 544 с.
9. Пути энергосбережения при разделении смесей ректификацией/ Зельвенский Я.Д.// Химическая промышленность – 2001. - №5. - с.21 – 27
10. Разработка моделей аппаратов химической технологии в системе компьютерного моделирования HYSYS: учебное пособие/ Лисицын Н.В., Федоров В.И.// СПб, СПбГТИ (ТУ). - 2005.- 30 с.
11. Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей: учебное пособие/ Лаптев А.Г. , Конахин А. М., Минеев Н. Г.// М: Теплотехник, 2011. — 424 с.

12. Методы энергосбережения при ректификации смесей органических веществ/ Тимошенко А.В., Анохина Е.А.// Ползуновский вестник – 2010. - №3. – с.134-136.
13. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие/ Ульянов Б.А., Бадеников В.Я., Ликучёв В.Г.// Ангарск: Издательство Ангарской государственной технической академии, 2006. - 743 с.
14. Производственная мощность, продуктивность и экономическая активность предприятия: Учебное пособие / Л.Д. Ревуцкий // – М.: Перспектива, 2002 – 170 с.
15. Alkylation of aromatics with ethylene and propylene: recent developments in commercial processes/ Degnan Th.F.Jr., Smith C.M., Venkat Ch.R.// Appl. Cat. A: Gen. 2001. Vol. 221. № 1-2. P. 283-294
16. Kinetics of alkylation of benzene with ethanol on AlC13- impregnated 13X zeolites/ Sridevi U., Bhaskar Rao B.K., Pradhan N.C.// Chem. Eng. J. 2001. Vol. 83. № 3. P. 185-189
17. Synthesis of ethylbenzene by alkylation of benzene with diethyl oxalate over HZSM-5/ Li Y., Xue B., Yang Y.// Fuel Proc. Tech. 2009. Vol. 90. № 10. P. 122 – 125
18. Основные этапы развития и современное состояние процесса получения этилбензола / Р.А. Басимова, М.Л. Павлов, А.В. Прокопенко, С.И. Мячин, В.В. Каюмов, А.Р. Мусина, М.Ю. Козлова, Б.И. Кутепов// Нефтепереработка и нефтехимия. 2009. - № 2. - С. 24-28
19. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г.Видяев, Г.Н. Серикова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2014. – 73 с.
20. Приказ от 12апреля 2011г. N 302н “Об утверждении перечня вредных и(или)опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования),и порядка проведения обязательных предварительных и

периодических медицинских осмотров(обследований) работников, занятых на тяжелых работах с вредными и (или) опасными условиями труда”.

21. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2009 г. N 1213 “Об утверждении технического регламента о безопасности средств индивидуальной защиты”.

22. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. N 45 "Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов"

23. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда "Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами"

24. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 13 июня 2003 г. № 118 г. Москва.

25. ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем мест. – введ. 01.01.1986.- М.: Стандартинформ, 2009. – 7 с.

26. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. Москва.

27. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

28. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.

29. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.

30. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) .

31. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008)// СПС Консультант.

32. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.

33. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда".

34. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования.ILO-OSH2001 ».














## Приложение А

Таблица А.1 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Наименование работ	Исполнители	Трудоемкость работ			Т <sub>рi</sub> , раб. дн.	Т <sub>кi</sub> , кал. Дн
			t <sub>min</sub> , чел-дни	t <sub>max</sub> , чел-дни	t <sub>ожi</sub> , чел-дни		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	5	2,6	0,9	4
2	Выбор направления исследований	Руководитель Бакалавр	3 3	5 5	3,8 3,8	1,8	3
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Бакалавр	1 1	7 7	3,4 3,4	1,4	3
4	Изучение литературы, составление формализованной схемы превращений	Бакалавр	30	90	54	18,5	80
5	Разработка технологической схемы	Бакалавр Руководитель	30 15	100 60	58 33	17,4	92
6	Моделирование процесса в среде AspenHysys	Бакалавр	14	30	20,4	14,5	30
7	Сопоставление результатов расчета с теоретическими исследованиями	Бакалавр	10	20	14	6,4	21
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	5	7	5,8	5,8	9
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	1	3	1,4	2	2
10	Составление пояснительной записки	Бакалавр Руководитель	14 5	30 14	20,4 8,6	14,5	30
11	Сдача работы на рецензию	Бакалавр	4	7	5,2	4,6	8
12	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр	5	7	5,8	5,8	8

## Приложение Б

Таблица Б.1 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ																												
				сент.		окт.		нояб.			дек.			янв.			фев.			март			апр.			май			июнь			
				3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4																													
2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	3																													
3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр	3																													
4	Изучение литературы, составление формализованной схемы превращений	Бакалавр	80																													
5	Разработка технологической схемы	Бакалавр	92																													
6	Моделирование процесса в среде AspenHysys	Бакалавр	30																													
7	Сопоставление результатов расчета с теоретическими исследованиями	Бакалавр	21																													
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	9																													
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	2																													
10	Составление пояснительной записки	Бакалавр, Руководитель	30																													
11	Сдача работы на рецензию	Бакалавр	8																													
12	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр	8																													
13	Защита дипломной работы	Бакалавр, руководитель	1																													



Руководитель



Дипломник